

⑫ 公開特許公報(A) 平3-139197

⑮ Int. Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成3年(1991)6月13日

H 02 P 8/00

C

7315-5H

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全9頁)

⑭ 発明の名称 ステッピングモータの駆動方法および駆動装置

⑯ 特 願 平1-271836

⑰ 出 願 平1(1989)10月20日

⑱ 発 明 者 高 橋 正 樹 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝総合研究所内

⑲ 発 明 者 中 山 雅 司 神奈川県川崎市幸区柳町70番地 東芝インテリジェントテクノロジー株式会社内

⑳ 出 願 人 株 式 会 社 東 芝 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

\textcircled{21} 出 願 人 東芝インテリジェントテクノロジー株式会社 神奈川県川崎市幸区柳町70番地

\textcircled{22} 代 理 人 弁理士 鈴江 武彦 外3名

明 細 書

1. 発明の名称

ステッピングモータの駆動方法および駆動装置

2. 特許請求の範囲

(1) ステッピングモータを駆動するために、ステータ側に設けられた複数の励磁巻線に所定の位相関係を持った正弦波状の電流を印加して励磁するマイクロステップ駆動に当り、そのステッピングモータ固有の速度変動の内、各励磁相一周期以内の周波数成分である速度変動のみに対応させて前記複数の励磁巻線に印加されている正弦波状の電流を各励磁相同時にかつ比例した値で各励磁相一周期ごとに繰返し変動させるようにしたことを特徴とするステッピングモータの駆動方法。

(2) 前記零時巻線に印加されている電流を前記ステッピングモータ固有の速度変動とは逆位相に変動させていることを特徴とする請求項1に記載のステッピングモータの駆動方法。

(3) ステッピングモータを駆動するために、ステータ側に設けられた複数の励磁巻線に所定の位

相関係を持った正弦波状の電流を印加して励磁するマイクロステップ駆動のためのものであって、前記ステッピングモータの固有の速度変動データを予め記憶する記憶手段と、励磁をマイクロステップ状に切換えるための複数の正弦波状の電流波形を同時に発生増幅する電流波形発生手段と、前記記憶手段に記憶されている速度変動データを読み出し、この速度変動データに対応させて前記電流波形発生手段の増幅度を速度変動とは逆位相に変動させる手段とを具備してなることを特徴とするステッピングモータの駆動装置。

3. 発明の詳細な説明

[発明の目的]

(産業上の利用分野)

この発明は、ステッピングモータの駆動方法および駆動装置に関する。

(従来の技術)

周知のように、ステッピングモータはデジタル信号による駆動が容易で、しかもオープンルーブ制御ながら高精度な位置決めが可能であること

から、OA機器の分野をはじめ多くの分野で使用されている。

代表的なステッピングモータは、外周面に小歯を複数等ピッチに有したロータを設け、このロータの外側にステータコアを配置し、このステータコアの内面に相数に対応した数のステータ突極を設け、これら突極のロータと対向する面に小歯を複数等ピッチに設け、さらに各ステータ突極の外周にそれぞれ励磁巻線を装着したものとなっている。そして、マイクロステップ動作を行うには、駆動装置で各励磁巻線を定められたシーケンスにしたがって各々に所定の位相関係をもった正弦波状の電流を印加することで励磁させ、これによってステータ側小歯に対向するロータ側小歯に吸引力あるいは反発力を作用させてマイクロステップ動作を行わせる構成となっている。

ところで、上記のように構成されるステッピングモータでは、低速域ではロータが階動することによって速度変動が生じ、また高速域では周波数応答特性の低下から階動はしないものの励磁相間

の出力トルクのばらつきが原因して速度変動が生じる。この速度変動について、さらに第9図から第12図を用いて説明する。すなわち、第10図はハイブリッド形(同極形)の2相ステッピングモータをマイクロステップ低速駆動したときのトルク特性を示している。この例は励磁シーケンスが16ステップの繰り返しになっている場合で、しかも励磁相間でのトルク特性にばらつきが存在していない場合である。今、一定負荷トルクを加えている時、点Pで停止している初期状態から励磁をスタートさせた場合、停止点から次のステップの励磁を行うと、0で示すトルクカーブから1で示すトルクカーブに切換わる。この瞬間、トルクが発生し、ロータは1ステップだけ進んで点Qで停止する。さらに、駆動シーケンスにしたがって励磁を順次切換えると、ロータが連続的に移動する。この図から判るように、出力トルクは太線のように大きく変動する。このため、ロータには励磁切換え周波数に一致した速度変動が生ずる。

上述した例は、4つの励磁相間に出力トルクの

ばらつきが存在していない場合の例であるが、実際には各励磁相間に出力トルクのばらつきが必ず存在している。したがって、第9図に示すように、0~15のトルクカーブにばらつきが存在している場合には、そのばらつきの変動周波数に等しい速度変動が重畳され、さらに、停止回転位置も負荷トルクが加えられている場合は誤差が生じることになる。

一方、高速駆動したときには次のような現象が生じる。すなわち、第11図は上述したハイブリッド形2相ステッピングモータを16ステップで各励磁相の一周期としたマイクロステップによる2400Hzで励磁切換したときの速度変動を示し、また第12図はそのときのパワースペクトルを示している。第12図から明らかなように、顕著な速度変動のピークレベルが150Hzに現れており、これは励磁周波数の1/16に相当している。このような速度変動は、励磁相間の出力トルクのばらつきに起因しているものである。

このように、ステッピングモータをマイクロ

ステップ駆動で動作させても低速で動作しているときには、1ステップ毎の速度変動と励磁相間の出力トルクのばらつきに起因したステップ数に相当する周期で、停止回転位置の誤差が起こり、また高速領域では励磁相間の出力トルクのばらつきに起因したステップ数に相当する周期の速度変動が生じる。このような速度変動は、ステッピングモータの大きな欠点となっており、特に、精密機器の駆動源として使用した場合には、速度変動のために要求性能を満たさないことが多々ある。以上はステッピングモータに起因する速度変動について説明したが、実系統に組み込んだ場合には、負荷のたとえば質量アンバランス等による速度変動も現れ、系全体ではこれらが重畳された速度変動が生じることになる。

そこで、このような速度変動を低減するために、従来はロータ軸や負荷軸にダイナミックダンバを取付けたり、トルク伝達機構の中間に減衰材を挿入して抑制したり、あるいは大きなフライホイールを用いて回転を円滑化したりする手法が採用さ

れている。また、機械的付加手段により速度変動を低減できない場合には、1ステップ移動量を小さくするためにロータおよびステータの小歯のピッチを狭めたり、励磁相の数を増したりするなどして、ステッピングモータの構造を変更することにより速度変動を低減することも試みられている。

しかしながら、外部的付加要素を設けて速度変動を低減する方式では全体の大増大を招くばかりか、大きな速度変動低減効果を期待できないという問題があった。

(発明が解決しようとする課題)

上述の如く、従来の速度変動低減方法では、外部付加要素を必要としたり、構造変更を必要としたりし、簡便に、かつ効果的に速度変動を低減することが困難であった。

そこでこの発明は、簡単な電気的手法で、速度変動を極めて小さくできるマイクロステップ駆動のステッピングモータの駆動方法および駆動装置を提供することを目的としている。

が生じる。この発明では、各励磁相一周期以内の周波数成分をもつ上記速度変動に関しては、同周りで、かつ逆位相となり、しかも適度な振幅を持つように各励磁巻線に対して同時にかつ比例した値で電流を変動させている。この結果、両変動による速度変動が互いに打消し合ってステッピングモータ固有の速度変動が低減される。

なお、ステッピングモータ固有の速度変動の周波数が比較的高周波領域にある場合には、マイクロステップの分割数を多くしステッピングモータの基準ステップ量を小さくするとともに、各励磁巻線に印加する電流の増減量をより滑らかに変動させることによって効果的に速度変動を低減させることができる。

(実施例)

以下、図面を参照しながら実施例を説明する。

第1図にはこの発明を適用した駆動装置の概略構成が示されている。

図中1はハイブリッド形(同極形)で2相のステッピングモータを示し、2は駆動装置を示して

[発明の構成]

(課題を解決するための手段)

上記課題を解決するために、この発明では、ステータ側に設けられた複数の励磁巻線に所定の位相関係を持った正弦波状の電流を印加して励磁するマイクロステップ駆動に当り、そのステッピングモータ固有の速度変動の内、各励磁相一周期以内の周波数成分である速度変動のみに対応させて前記複数の励磁巻線に印加されている正弦波状の電流を各励磁相同時にかつ比例した値で各励磁相一周期ごとに繰り返し変動させるようにしている。

この場合、前記励磁巻線に印加している電流をステッピングモータ固有の速度変動とは逆位相に変動させると効果的である。

(作用)

マイクロステップ駆動において、ステッピングモータの各励磁巻線に印加する正弦波状の電流を一定に保って駆動すると、各励磁相でのトルク特性のばらつき等が原因して必ず固有の速度変動

いる。

ステッピングモータ1は、ロータ10と、ステータ20とで構成されている。ロータ10は質量バランスのとれた図示しない回転負荷に連結されている。

ロータ10は、第2図に示すように、非磁性材で形成された軸11と、この軸11の外周に装着されるとともに軸方向に着磁された永久磁石12と、永久磁石12の両端側からそれぞれキャップ状に装着された磁性材製の歯切り鉄心13a、13bとで構成されている。歯切り鉄心13a、13bには、この例ではそれぞれ周方向に等ピッチに50個の小歯14が形成されている。なお、歯切り鉄心13a側の小歯14と、歯切り鉄心13b側の小歯14とは周方向に1/2ピッチの位相差を持って設けられている。一方、ステータ20は、第3図に示すように、ロータ10を囲むように配置されたステータコア21と、このステータコア21の内面に突設された8本のステータ突極22と、これらステータ突極22の先端部に

等ピッチに設けられた小歯23と、ステータ突極22に巻装された励磁巻線24とで構成されている。なお、各励磁巻線24は、8つのステータ突極22に4極4層A、 \overline{A} 、B、 \overline{B} で装着および接続されている。

駆動装置2は、大きく別けて、励磁回路30と、分配回路40と、記憶回路50と、演算回路60と、速度設定器70と、D/A変換回路65とで構成されている。

励磁回路30は、第4図に示すように、各励磁相を構成する励磁巻線の両端をそれぞれパワートランジスタ31、31、31、31、抵抗32、32を介して電源ライン33、34に接続し、ただし、A相、 \overline{A} 相、およびB相、 \overline{B} 相は抵抗32、32に共通に接続されており、パワートランジスタ31、…を順番にオン、オフすることにより、各相の励磁巻線に電流を流し、ステータ20とロータ10との間に磁界を発生させるように構成されている。

分配回路40は、後述する演算回路60の電流

波形出力信号をD/A変換回路65により変換されたアナログ電圧信号と演算回路60のシーケンス出力パルスにしたがって第5図に代表的なマイクロステップ正弦波駆動の各相電流波形と励磁シーケンスを示すように、各相の励磁巻線に励磁電流を流すべくパワートランジスタ31をオン、オフ制御するベース信号を出力するように構成されている。

記憶回路50は、この例では駆動対象であるステッピングモータ1の固有の速度変動補正データを記憶している。すなわち、この駆動装置2では、ステッピングモータ1の製作後、使用最大速度までの範囲を複数段階に分け、各段階における各相1周期内のマイクロステップ数に対応した範囲の速度変動を調べておき、これら速度変動補正データを速度変動振幅と位相を考慮に入れた複数の1周期分の正弦波状変動波を合成したものに換算し、この速度変動補正データを予め記憶回路50に記憶させている。

演算回路60は、速度設定器70(パルス発生

手段)から速度設定信号が与えられると、設定速度に対応した速度変動補正データを記憶回路50から読み出し、設定速度と速度変動補正データとに基づいて分配回路40に供給する出力パルスを制御し、D/A変換回路65に供給する電流波形出力信号を演算する。なお、このとき記憶回路50から読み出される速度変動補正データは、その速度変動に起因する各周波数成分の位相を考慮に入れて合成されており、速度変動に対してはほぼ逆位相となるようにしている。

このような構成であると、速度設定器70である速度を設定すると、この速度設定器70の出力は一定の傾斜で設定速度に対応するレベルまで増加する。速度設定器70の出力が立ち上がると、演算回路60が速度設定器70の出力に対応した速度変動補正データを記憶回路50から読み出し、上記出力と読み出された速度変動補正データとに基づいたシーケンス出力パルスと電流波形出力信号を出力する。演算回路60の出力パルスと電流波形出力信号は分配回路40とD/A変換回路65

に与えられ、さらにD/A変換回路65の出力アナログ電圧信号は分配回路40に与えられる。この分配回路40から励磁回路30のパワートランジスタ31を第5図に示すように予め定められた順序にシーケンスし、さらに各相の電流波形が速度変動補正成分を含んだ正弦波状になるようにオン、オフさせるためのベース信号が出力される。したがって、ステッピングモータ1のロータ10が回転を開始する。

この場合、ステッピングモータ1の固有の速度変動を考慮に入れ、各励磁相A、 \overline{A} 、B、 \overline{B} の励磁タイミングと電流波形を制御しているので、固有の速度変動分を打ち消すことができ、単なるマイクロステップより滑らかな回転を行わせることができる。

第6図はステッピングモータ1を定速回転駆動しているときの励磁切換タイミングと各相電流波形の一例を示している。この切換タイミングと電流波形にしたがって各相を構成する励磁巻線の励磁が切換られ電流がコントロールされる。この

駆動装置2では、B相を基準として他の相の電流振幅を変動させている。この各相電流波形は第6図に示すように各相1周期内で変動している。

もし、ステッピングモータ1に第5図に示すような理想的なステップ駆動の各相タイミングと電流波形を加えたとき、固有の速度変動がなければ、ステッピングモータ1は第6図に示すような各相タイミングと電流波形を加えると、第9図に示すようなトルク変動成分により速度変動しながら回転する。

しかし、通常のステッピングモータには必ず固有の速度変動が存在している。この駆動装置2では各相1周期内でステッピングモータ固有の複数存在する速度変動に対して、それらの速度変動周期および振幅と一致させ、かつ、ほぼ逆位相となるように各相の電流の波形、振幅等を変動させている。したがって、今、振幅が適当に設定されているものとする、各相電流波形の変動に伴う速度変動でステッピングモータ固有の速度変動を打消すことができ、第10図に示すようなトルク変

動成分となることでロータ10を滑かに回転させることができる。

第7図および第8図には、この駆動装置2を使ってハイブリッド形2相ステッピングモータの速度変動を低減した例が示されている。これは第11図および第12図に示すような速度変動成分を持ったモータを使い、速度変動周波数を150 Hzとし、しかも上記変動位相がステッピングモータ固有の速度変動と逆位相となるように制御した例である。このときのパワースペクトルは第8図に示す結果となった。この図から、速度変動低減のターゲットとしている150 Hzでのピークレベルが第11図および第12図の場合に比べて激減し、速度波形が滑らかになっていることが判る。

なお、2相ステッピングモータにおいてのマイクロステップ駆動の場合について説明したが、5相あるいは4相ステッピングモータでも全く同様であり、さらにマイクロステップ駆動を併用して各相電流波形を周期的に変えることにより、速度変動低減効果を増すことができる。

さらに、この発明はステッピングモータであれば、形、相数に限定されるものではない。また、上述した実施例ではステッピングモータ固有の速度変動が、単一の周波数成分を持つ場合への適用について述べているが、複数の周波数成分を持っても、その周期が、各相の一周期内の範囲にあればこの発明の適用が可能である。

また、この発明はステッピングモータでCTスキャナの寝台を駆動する場合、イメージスキャナの光学系を移動する移動機構を駆動する場合、画像形成装置内の感光体を回転させる場合等の、ステッピングモータを組み込んだメカトロニクス応用機器全般に適用できる。

たとえば、イメージスキャナに上述したステッピングモータを用いた場合について、第13図から第15図を用いて説明する。

第13図および第14図はこの発明を利用する画像読取装置として、原稿を読取り、コンピュータ等の外部機器にその読取った画像信号を出力するスキャナを示すものである。すなわち、81は

スキャナ本体で、この本体81の上面前部には操作パネル(図示しない)が設けられている。この本体81の上面には、透明ガラスによって構成される原稿載置台(プラテンガラス)82が固定されている。

そして、本体81には原稿載置台82の下部に原稿走査部83が設けられている。この原稿走査部83は、上記原稿載置台82の下方に設けられ、その下面に沿って図示矢印a方向に往復移動することにより、原稿載置台82上にセットされた原稿Oを光学的に走査するものであり、原稿Oを照明する照明ランプ(蛍光灯)84、原稿Oからの反射光あるいは原稿Oからの透過光を受光する光電変換器85、原稿Oからの反射光あるいは透過光を光電変換器85へ導く光学系(光集束性レンズ)86、およびこれらを支持するキャリッジ87によって構成される。

上記光電変換器85は、原稿Oからの反射光あるいは透過光を光電変換することにより、原稿Oの両像を電気信号として出力するもので、たとえ

ばCCD形ラインイメージセンサなどを主体に構成される。

上記キャリッジ87は、第14図に示すように案内レール88と案内軸89とによって矢印a方向に往復移動自在に案内されている。そして、案内軸89の一端側には正逆転可能な走査用モータ（たとえば上述したステッピングモータ）90によって駆動される駆動プーリ91が、他端側には従動プーリ92がそれぞれ配設されており、これらプーリ91、92間にはタイミングベルト93が掛渡されている。タイミングベルト93の一点は、固定部材94を介してキャリッジ87に固定されている。これにより、走査用モータ90が正あるいは逆回転することによりキャリッジ87が直線移動するようになっている。

第15図は全体的な制御系統を概略的に示すものである。すなわち、全体を制御する制御部としてのCPU101は、操作パネル102、規格化回路103、メモリ104、光源制御部105、モータ駆動部106、およびA/D変換器107

とそれぞれ接続されている。

上記操作パネル102は、原稿の読取開始を指示するキーによって構成されている。上記規格化回路103は、原稿からの反射光をA/D変換した画像データとメモリ104に記憶されている基準データにより規格化（シェーディング補正、つまり光電変換器85のばらつき補正）を行うものである。

上記光源制御部105は、前記照明ランプ84と接続され、その点灯制御および光量制御を行う。上記モータ駆動部106は、前記走査用モータ90と接続され、その駆動を行う。上記A/D変換器107は、前記光電変換器85と接続され、その光電変換器85からの電気信号をデジタル信号に変換して上記CPU101へ出力するものである。

このような構成において、走査用モータ90として上述したステッピングモータを用いているため、ステッピングモータによって駆動される原稿走査部83を含めた系の固有の速度変動を簡便に

低減でき、結果としてイメージスキャナの読取り精度を向上させることができる。

〔発明の効果〕

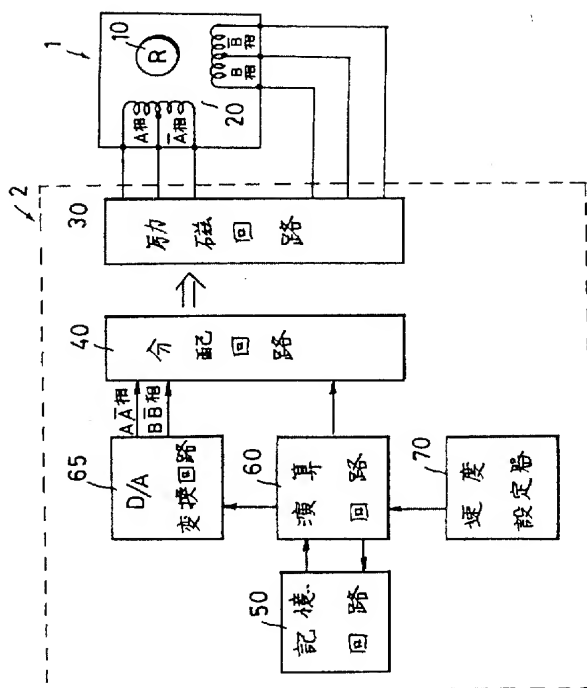
以上のように、この発明によれば、外部的付加要素を必要とすることなく、ステッピングモータ固有あるいはこのステッピングモータによって駆動される負荷を含めた系の固有の速度変動を簡便に低減できるので、従来、困難であった精密機器への適用に寄与できる。

4. 図面の簡単な説明

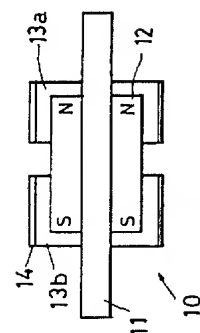
第1図はこの発明を適用した駆動装置の概略構成図、第2図は同装置によって駆動されるステッピングモータにおけるロータの縦断面図、第3図は同ロータを組み込んだステータの平面図、第4図は同駆動装置における励磁回路の構成図、第5図は駆動装置におけるマイクロステップ正弦波駆動の各相電流波形と励磁シーケンスの代表例を示す図、第6図はこの発明を適用した駆動装置における各相電流波形と励磁シーケンスを示す図、第7図は同駆動装置で制御した例の速度変動低減

結果を示す図、第8図は第7図に示す条件におけるパワースペクトルを示す図、第9図はハイブリッド形2相ステッピングモータにおいて各励磁相間にトルク出力のばらつきが存在している場合のトルク出力特性を示す図、第10図はハイブリッド形2相ステッピングモータにおいて各励磁相間にトルク出力のばらつきがない場合のトルク出力特性を示す図、第11図はハイブリッド形2相ステッピングモータにおいて各励磁相間にトルク出力のばらつきが存在している場合の速度変動を示す図、第12図は第11図に示した条件でのパワースペクトルを示す図、第13図はイメージスキャナの内部構成を概略的に示す側面図、第14図は同イメージスキャナの原稿走査部を示す斜視図で、第15図は同イメージスキャナの全体的な制御系統を概略的に示すブロック図ある。

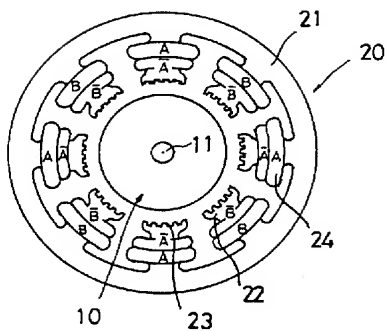
1…ステッピングモータ、2…駆動装置、10…ロータ、20…ステータ、30…励磁回路、40…分配回路、50…記憶回路、60…演算回路、65…D/A変換回路、70…速度設定器。



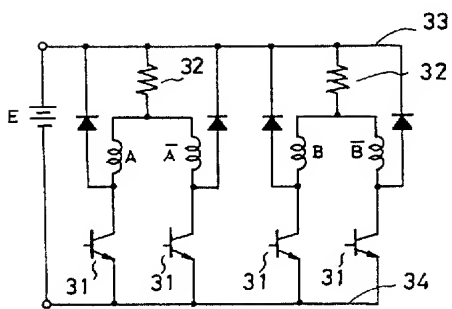
第 1 図



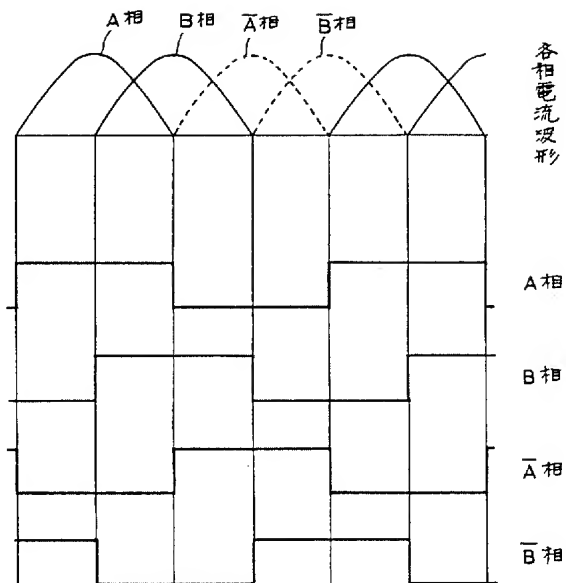
第 2 図



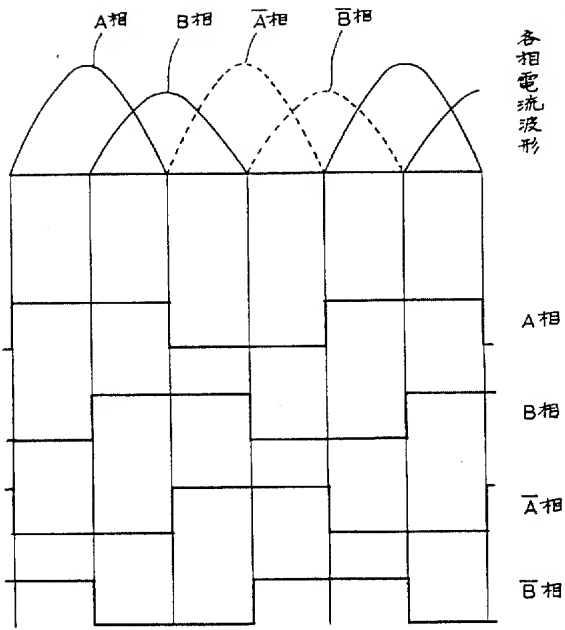
第 3 図



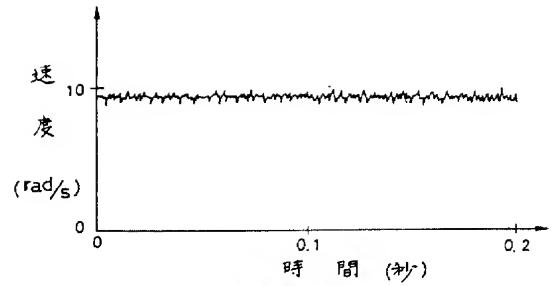
第 4 図



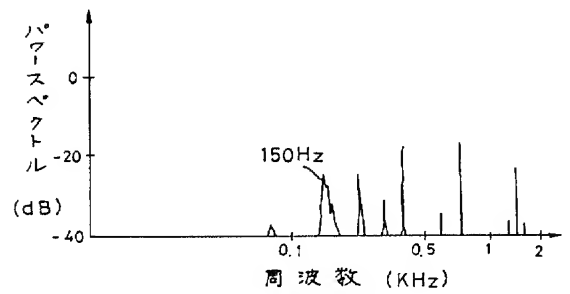
第 5 図



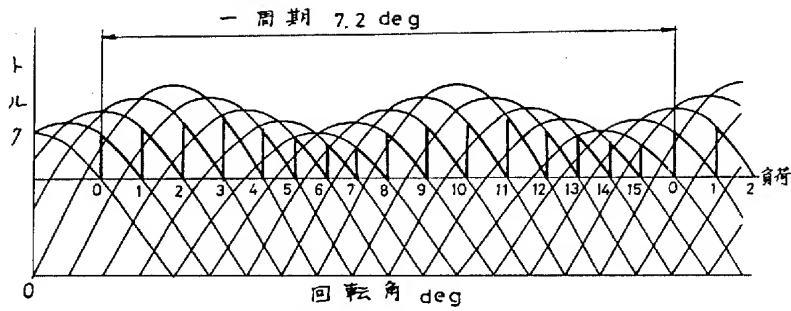
第 6 図



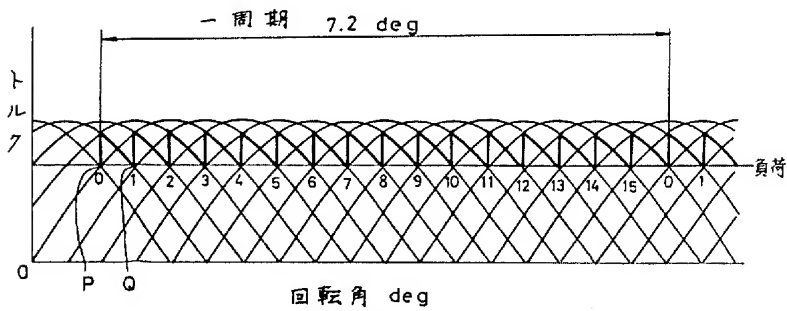
第 7 図



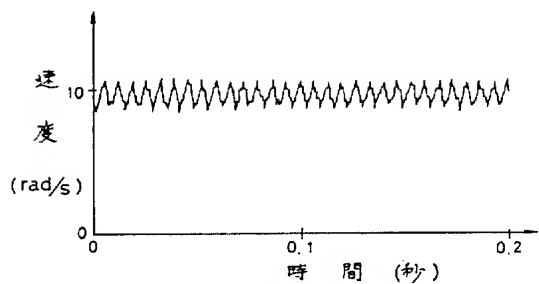
第 8 図



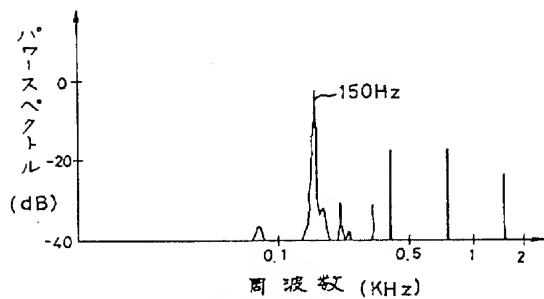
第 9 図



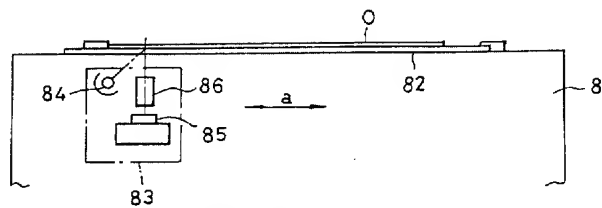
第 10 図



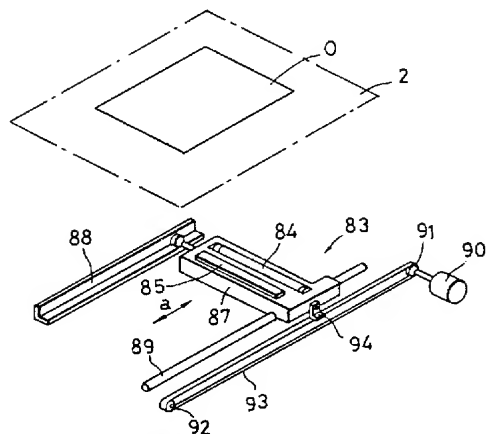
第 11 図



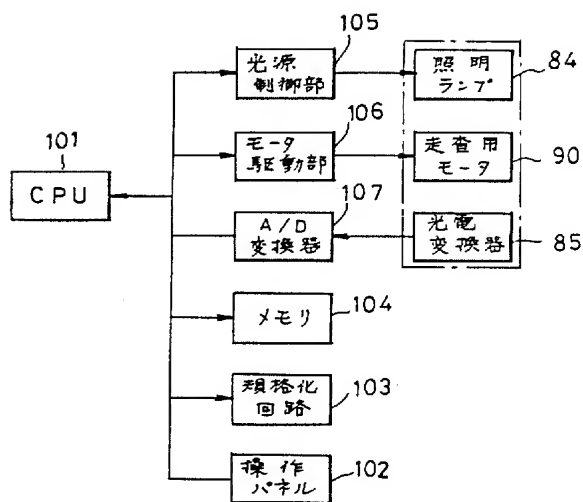
第 12 図



第 13 図



第 14 図



第 15 図

PAT-NO: JP403139197A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 03139197 A
TITLE: DRIVING METHOD AND DEVICE
FOR STEPPING MOTOR
PUBN-DATE: June 13, 1991

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
------	---------

TAKAHASHI, MASAKI	
-------------------	--

NAKAYAMA, MASASHI	
-------------------	--

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
------	---------

TOSHIBA CORP	N/A
--------------	-----

TOSHIBA INTELIGENT TECHNOL LTD	N/A
--------------------------------	-----

APPL-NO: JP01271836
APPL-DATE: October 20, 1989

INT-CL (IPC): H02P008/00

US-CL-CURRENT: 318/696

ABSTRACT:

PURPOSE: To suppress fluctuation of speed of a stepping motor by varying sinusoidal currents to be applied on a plurality of exciting windings, simultaneously for respective phases and repeatedly for every period of the exciting phase,

in response only to the fluctuation of speed within single period of each exciting phase.

CONSTITUTION: Upon rising of output from a speed setter 70, an arithmetic unit 60 reads out speed fluctuation correcting data corresponding to the output from the speed setter 70 from a memory circuit 50, and outputs a sequence output pulse and a current waveform output signal. A distribution circuit 40 scans power transistors in an exciting circuit 30 in sequence, and outputs a base signal so that current in each phase has sinusoidal waveform containing speed corrected component. Each exciting phase A, bars A, B, exciting timing and current waveform of the bar B are then controlled in consideration of inherent speed fluctuation of a stepping motor 1. By such arrangement, speed fluctuation of the stepping motor 1 can be suppressed.

COPYRIGHT: (C)1991,JPO&Japio